



BAB IX

URAIAN TUGAS KHUSUS

IX.1 Pengertian Furnace

Furnace merupakan suatu alat dengan struktur tertutup yang digunakan untuk pemanasan intens dengan api. Tujuan utama furnace yaitu untuk mencapai suhu pemrosesan yang lebih tinggi daripada yang dicapai di udara terbuka. Meskipun beberapa proses dapat dilakukan di udara terbuka, namun kurang efisien, mengonsumsi lebih banyak bahan bakar, dan mempersulit pengoperasian. Furnace dapat digunakan untuk melakukan berbagai reaksi kimia dan, dalam beberapa kasus, proses fisik sederhana seperti pemanasan dan pengeringan. Salah satu tantangan dalam mendesain furnace adalah menentukan langkah-langkah yang dapat menentukan kecepatan kritis dan memastikan bahwa langkah-langkah tersebut diterapkan dengan benar dalam desain. Dengan mencapai hal tersebut, sering kali dimungkinkan untuk membuat furnace yang lebih kecil, lebih baik, dan lebih efisien (Mullinger, 2008).

Furnace yang ada di PPSDM Migas Cepu digunakan sebagai tempat pemanasan minyak mentah (*crude oil*) dari suhu $\pm 130^{\circ}\text{C}$ menjadi $\pm 330^{\circ}\text{C}$ dimana pada temperature tersebut sebagian besar fraksi-fraksi yang dikandung *crude oil* pada tekanan sedikit di atas 1 atm telah berupa uap kecuali residu. Perpindahan panas pada furnace terjadi secara tidak langsung dengan media perantara berupa pipa-pipa yang di dalamnya mengalir fluida yang akan dipanasi, sedangkan sumber panasnya berasal dari pembakaran bahan bakar. Furnace berfungsi sebagai pemanas lanjutan dari minyak mentah (umpan) yang sebelumnya telah mendapat pemanasan awal pada HE. Tujuan pemanasan dalam furnace adalah menguapkan fraksi-fraksi ringan yang terkandung dalam minyak mentah. Bahan baka yang digunakan terdiri dari fuel oil, fuel gas, dan steam. Adapun dinding furnace terbuat dari bahan ceramic wool.

IX.2 Bagian-Bagian Furnace

a. *Tube*

Dalam *tube* mengalir minyak mentah.

b. *Tube support*

Berfungsi untuk menjaga *tube* agar tidak melengkung pada saat operasi akibat adanya panas pembakaran.

c. *Stack* (cerobong)

Berfungsi untuk mengeluarkan gas-gas panas hasil pembakaran

d. *Refractory*

Merupakan lapisan yang ada pada dinding bagian bottom yang tujuannya untuk memperkecil panas yang diserap dinding. Lapisan ini memantulkan panas dan terbuat dari bahan ceramic wool.

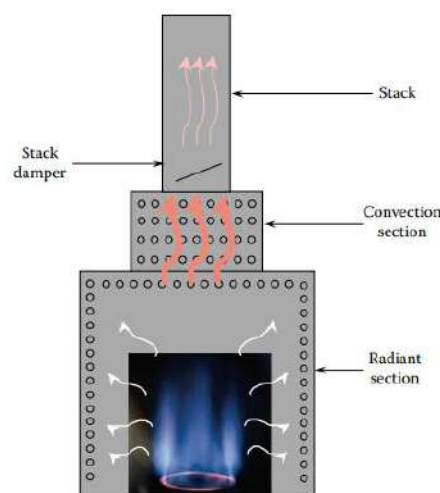
e. *Burner*

Berfungsi sebagai tempat pembakaran pada dapur dan media yang digunakan adalah fuel oil, fuel gas, dan steam.

f. Lubang intip (*peep hole*)

Berfungsi untuk mengamati bentuk atau warna api (*flame patern*) dari masing-masing *burner*.

IX.3 Proses Pembakaran di Furnace



Gambar IX. 1 Pembakaran di Dalam Furnace



**PRAKTIK KERJA LAPANG
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
MINYAK DAN GAS BUMI (PPSDM) CEPU**



(Sumber: Baukal, 2013)

Proses pembakaran di dalam furnace diawali dengan pelepasan panas dengan cara membakar bahan bakar dengan udara (atau oksigen), atau dari energi listrik, dan sebagian panas ini kemudian ditransfer ke produk. Panas yang tersisa akan keluar melalui gas buang dan melalui lubang seperti pintu pengisian daya, atau hilang dari permukaan luar. Panas yang tertanam dalam produk seringkali cukup kecil dibandingkan dengan panas keseluruhan yang disuplai, banyak panas yang hilang dalam gas buang dan produk sampingan atau bahan limbah seperti terak. Pemanas kilang dapat mengalirkan cairan pada suhu setinggi 1500°F (810°C) dan tekanan hingga 1600 psig (110 barg). Mode utama perpindahan panas dalam pemanas proses adalah radiasi dan konveksi. Bagian awal dari pemanasan cairan dilakukan di bagian konveksi tungku, sedangkan pemanasan terakhir dilakukan di bagian radian. Panas yang berlebihan menyebabkan hidrokarbon membentuk kokas di dalam tabung. Kokas semakin memperburuk masalah dengan mengurangi konduktivitas termal melalui lapisan kokas di dalam tabung. Konduktivitas termal yang berkurang mencegah cairan proses menyerap panas yang cukup untuk mendinginkan tabung, yang mengakibatkan panas berlebih dan kegagalan tabung. Salah satu tantangan utama bagi perancang pemanas adalah mendapatkan distribusi panas yang merata di dalam pembakar untuk mencegah kokas di dalam tabung. Bell dan Lowy memperkirakan bahwa sekitar 70% energi ditransfer ke cairan di bagian radiasi pemanas biasa dan keseimbangan di bagian konveksi (Baukal, 2013).

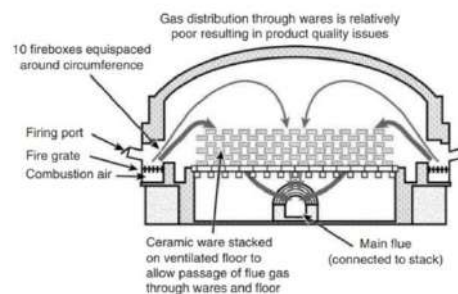
IX.4 Fungsi Furnace

Menurut (Mullinger, 2008) furnace memiliki beberapa fungsi, diantaranya yaitu:

- a. Pembuatan Keramik, Batu bata, dan Tembikar

Pada awalnya furnace digunakan untuk pembuatan keramik yang suhu pengoperasiannya 1000°C. Namun, furnace ini sangat tidak efisien karena energi yang dibutuhkan untuk perubahan kimia sangat rendah, namun energi yang digunakan untuk memanaskan struktur tanah liat sangat tinggi dan hilang saat oven

dan produk didinginkan sebelum disimpan untuk digunakan. Contohnya adalah furnace sarang lebah yang ditunjukkan pada gambar 1.4. Pertama furnace diisi bahan, kemudian pintu masuk ditutup dengan batu bata dan api dinyalakan di sekitarnya. Gas buang dikeluarkan melalui pelat berlubang dengan cerobong asap di bawahnya. Beberapa desain memiliki cerobong atap tengah dan disebut kompor panjang. Pada akhir periode pembakaran, struktur dibiarkan dingin, pintu masuk dari batu bata dibuka, dan pot yang dibakar dikeluarkan. Semua sisa panas hilang dalam struktur keramik dan tungku.

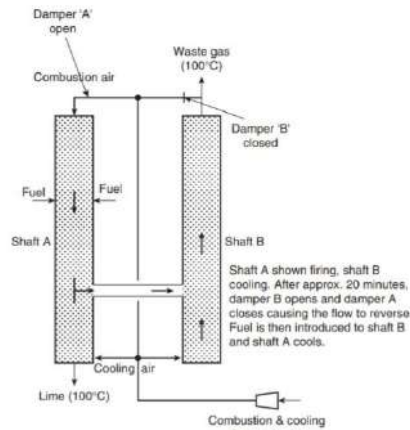


Gambar IX. 2 Gambar Furnace untuk Pembakaran Tembikar
(Sumber: Mullinger, 2008)

b. Pembuatan Semen dan Kapur

Kiln putar pra pemanas siklon modern dapat menghasilkan klinker semen hingga 4000 ton/hari. Beberapa kiln semen menggunakan kalsiner terpisah untuk melakukan reaksi dekarbonasi dan ini dapat menghasilkan klinker hingga 10.000 ton/hari. Efisiensi tinggi kiln ini dicapai dengan memulihkan panas dari produk pembakaran dengan memanaskan terlebih dahulu umpan melalui kontak langsung di pra pemanas siklon dan juga dengan memulihkan panas dari produk dengan memanaskan terlebih dahulu udara pembakaran hingga 850-1000°C di pendingin klinker. Dua jenis pendingin yang umum digunakan, yaitu tipe grate moving bed dan tipe satelit. Pendingin ini berputar bersama kiln dan klinker panas jatuh ke dalam pendingin melalui siku. Selama klinker melewati pendingin, ia terus menerus berputar melalui udara pembakaran yang masuk dan memanaskannya terlebih

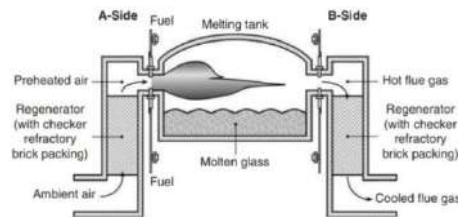
dahulu melalui pertukaran panas kontak langsung dan suhu udara pembakaran yang sangat tinggi tercapai.



Gambar IX. 3 Gambar Furnace untuk Pembakaran Kapur
(Sumber: Mullinger, 2008)

c. Pembuatan Kaca

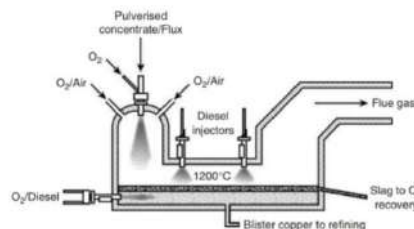
Furnace pembuatan kaca juga dikenal sebagai 'tangki kaca' karena menampung bak kaca cair, beroperasi pada suhu sekitar 1400-1600°C. Produksi kaca dalam skala besar dilakukan dalam furnace terbuka regeneratif yang mirip dengan yang dikembangkan oleh Sir William Siemens pada tahun 1860-an dan, di masa lalu, banyak digunakan dalam industri baja. Pertama, furnace dinyalakan oleh pembakar di sisi kiri yang menarik udara pembakarannya melalui bata checker panas di regenerator kiri. Udara pembakaran yang masuk dipanaskan terlebih dahulu hingga 1000°C oleh bata checker panas. Produk pembakaran panas dikeluarkan melalui regenerator di sisi kanan dan memanaskan bata checker di regenerator itu. Setelah sekitar 20 menit, pembakaran dibalik. Pembakar kanan mulai menyala, menarik udara pembakarannya melalui bata checker yang baru saja dipanaskan ulang di regenerator kanan. Produk pembakaran panas sekarang dikeluarkan melalui regenerator sisi kiri dan memanaskan ulang bata checker regenerator itu.



Gambar IX. 4 Gambar Furnace untuk Pembuatan Kaca
(Sumber: Mullinger, 2008)

d. Peleburan Bijih Logam

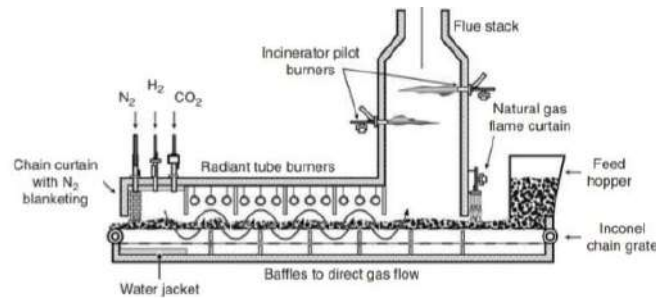
Peleburan logam masih menjadi salah satu aplikasi utama untuk furnace suhu tinggi. Flash Smelter Outokumpu adalah proses yang paling berhasil, yaitu peleburan kilat yang dikombinasikan dengan bak pemanas untuk memisahkan terak dan mengurangi kandungan sulfur dari lelehan, Gambar 1.12. Proses ini bahkan tidak memerlukan masukan bahan bakar yang signifikan ketika udara yang diperkaya oksigen digunakan, karena oksidasi eksotermik dari besi sulfida dalam bijih, sehingga proses peleburan bersifat auto-termal. Satu-satunya bahan bakar yang diperlukan adalah untuk pemanasan awal tanur kilat dan mempertahankan suhu bak untuk memungkinkan pemisahan terak.



Gambar IX. 5 Smelter Outokumpu Untuk Peleburan Tembaga
(Sumber: Mullinger, 2008)

e. Pemurnian logam

Tembaga yang diproduksi oleh proses dua tahap dan peleburan kilat memiliki kadar sulfur yang terlalu tinggi untuk aplikasi praktis. Pengurangan sulfur lebih lanjut terjadi di furnace lain yang menghasilkan tembaga cair yang dituang ke anoda untuk pemurnian elektro. Operasi pemurnian ini dilakukan pada suhu 1000°C dalam atmosfer hidrogen.



Gambar IX. 6 Furnace Atmosferik untuk De-sulfurisasi Briket Nikel
(Sumber: Mullinger, 2008)

f. Penyulingan Minyak dan Petrokimia

Penyulingan minyak dan produksi petrokimia melibatkan pemanasan hidrokarbon dan cairan lainnya secara ekstensif. Bergantung pada suhu yang dibutuhkan, pemanasan ini dicapai baik dengan pemanasan langsung maupun tidak langsung. Dalam kasus terakhir, cairan bertekanan ditampung dalam tabung yang dipanaskan dari luar dengan paparan langsung ke api. Pemanas ini biasanya berbentuk dua, pemanas silinder dengan satu pembakar di tengah, atau cincin pembakar di bagian dasar dan tipe persegi panjang panjang dengan banyak pembakar berjejer di sepanjang lantai. Pemanas petrokimia sangat berbeda dari boiler, dengan jumlah tabung yang lebih sedikit dan lebih besar. Dengan pemanas petrokimia, sangat penting bahwa perpindahan panas ke tabung dikontrol dengan hati-hati. Jika perpindahan panas terlalu rendah, output akan hilang, tetapi jika terlalu tinggi, "titik panas" lokal akan terbentuk. Hal ini sangat berbahaya dengan cairan hidrokarbon karena titik panas menyebabkan pembentukan karbon di bagian dalam tabung, sehingga mengurangi perpindahan panas ke cairan. Akan tetapi, panas masih dipindahkan ke permukaan luar tabung yang menjadi terlalu panas dan akhirnya akan rusak, sehingga hidrokarbon bocor ke dalam kotak api. Hal ini sangat berbahaya dan akan menyebabkan kerusakan pemanas, tetapi paling parah, akan menyebabkan ledakan dan kebakaran yang dapat menyebabkan banyak korban dan menghancurkan seluruh pabrik.



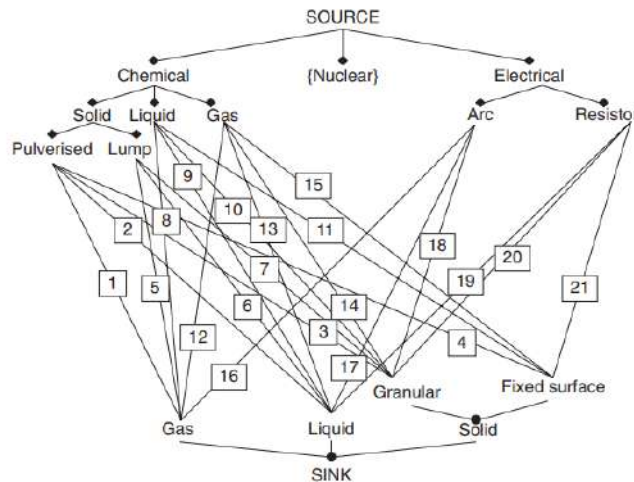
Gambar IX. 7 Dua Jenis Pemanas Kilang yang Menunjukkan Pemanas Silinder
(Kiri) dan Pemanas Kabin (Kanan)
(Sumber: Mullinger, 2008)

IX.5 Klasifikasi Furnace

Terdapat beberapa cara untuk mengklasifikasikan furnace, misalnya berdasarkan bentuk, industri, produk, dll., tetapi klasifikasi yang sangat sederhana berdasarkan konsep perpindahan panas dari jenis sumber panas dan jenis penyerap panas seperti yang ditunjukkan pada Gambar IX.10. Sistem klasifikasi ini sangat disederhanakan tetapi berguna karena sifat produk, jenis bahan bakar, dan mekanisme perpindahan panas semuanya memiliki pengaruh besar pada susunan fisik furnace.



PRAKTIK KERJA LAPANG
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
MINYAK DAN GAS BUMI (PPSDM) CEPU



Gambar IX. 8 Klasifikasi Furnace

(Sumber: Mullinger, 2008)

Tabel IX. 1 Klasifikasi dan Contoh Tipe dari Furnace

Classification number	Example of type of furnace
1	water-tube boiler
2	water or thermal fluid heater
3	rotary kiln, moving or rotary hearth
4	open hearth furnace
5	fixed or moving grate with steam tubes
6	tube-still cabin heater
7	fluidised bed, multi-hearth furnace
8	refinery cracking furnace
9	tube-still heater, fire-tube boiler
10	rotary kiln, fluidised bed, flash heating furnace, shaft kiln, moving or rotary hearth
11	open hearth furnace, glass tank, metal reheating furnace
12	refinery cracking furnace, reformer furnace, air heater
13	fire-tube boiler, tube-still heater, metal reheating furnace
14	rotary kiln, fluidised bed, flash heating furnace, shaft kiln, moving or rotary hearth
15	open hearth furnace, glass tank, metal reheating furnace
16	plasma furnace
17	molten metal arc furnace
18	metal melting arc and induction furnaces
19	molten metal immersion heaters, glass tank bed heating
20	muffle furnace
21	batch heater, annealing furnace

(Sumber: Mullinger, 2008)



IX.6 Pengambilan Data

Proses pengambilan data yang digunakan untuk menghitung efisiensi pada furnace 03 dilakukan pada tanggal 16-20 September 2024 di K3LL, Control Room, dan Laboratorium Kilang PPSDM Migas Cepu. Terdapat beberapa jenis data yang diolah pada proses perhitungan laporan ini, yaitu:

- a. Data Lapangan
 - 1) Suhu dinding furnace ($^{\circ}\text{C}$)
 - 2) Suhu stack (cerobong) furnace ($^{\circ}\text{C}$)
- b. Data pada *Control Room*
 - 1) Suhu crude oil masuk furnace ($^{\circ}\text{C}$)
 - 2) Suhu crude oil keluar furnace ($^{\circ}\text{C}$)
 - 3) Suhu fuel gas masuk furnace ($^{\circ}\text{C}$)
 - 4) Suhu fuel oil masuk furnace ($^{\circ}\text{C}$)
 - 5) Tekanan crude oil masuk furnace (kg/cm^2)
 - 6) Tekanan crude oil keluar furnace (kg/cm^2)
 - 7) Tekanan fuel oil masuk furnace (kg/cm^2)
 - 8) Kapasitas crude oil (m^3/hari)
 - 9) Kapasitas fuel oil (m^3/hari)
- c. Data pada Laboratorium Unit Kilang
 - 1) Densitas crude oil (kg/m^3)
 - 2) Densitas fuel oil (kg/m^3)

IX.7 Pengolahan Data

IX.7.1 Spesifikasi Furnace-03

- | | |
|--------------|---------------------------------|
| 1) Tipe | : Box |
| 2) Kapasitas | : $200 \text{ m}^3/\text{hari}$ |
| 3) Tinggi | : 7,405 m |
| 4) Panjang | : 6 m |
| 5) Lebar | : 3.8 m |



PRAKTIK KERJA LAPANG
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
MINYAK DAN GAS BUMI (PPSDM) CEPU



Dimensi Tube

- 1) Diameter : 4 inch
- 2) Panjang : 6 m
- 3) Jarak antar tube : 250/330 mm
- 4) Tata letak : Horizontal
- 5) Bahan : Low Chrom Molidenum
- 6) Bahan bakar : *Fuel oil* dan *fuel gas*

IX.7.2 Data Operasi

1. Kondisi *Furnace-03*
 - a. Suhu dinding dalam *Furnace-03* : 769,175°C
 - b. Suhu cerobong *Furnace-03* : 283,214°C
 2. Crude Oil
 - g. Suhu masuk crude oil : 136,82°C
 - h. Suhu keluar crude oil : 331,12°C
 - i. Tekanan masuk crude oil : 4,5325 kg/cm²
 - j. Tekanan keluar crude oil : 0,1614 kg/cm²
 - k. Umpan masuk : 266,2054 m³/hari
 - l. Densitas : 844,14 kg/m³
 - m. *Specific gravity* 60/60 : 0,8444
 - n. °API : 36.07
 3. Fuel Oil
 - a. Suhu masuk fuel oil : 49,44°C
 - b. Tekanan masuk fuel oil : 10,52 kg/cm²
 - c. Kebutuhan fuel oil : 10,264 m³/hari
 - d. Densitas : 884 kg/m³
 - e. *Specific gravity* 60/60 : 0.8845
 - f. °API : 28,48
 4. Udara Pembakaran
-



PRAKTIK KERJA LAPANG
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
MINYAK DAN GAS BUMI (PPSDM) CEPU



- a. Temperatur masuk : 32°C
b. Tekanan masuk : 4.5 kg/cm²

IX.7.3 Perhitungan

IX.7.3.1 Perhitungan Panas Masuk Furnace-03

A. Menghitung Jumlah Fuel Gas yang Digunakan

Pemakaian jumlah Fuel gas dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$W_s = 44,35 \frac{T_s}{P_s} \times d^{2,667} \times \sqrt{\frac{P_1^2 - P_2^2}{L \times S_g \times T}}$$

(Perry: 130-Furnace operation)

Keterangan:

- Ws : Gass flow (SCF/day)
d : Internal diameter (inch)
P1 : Initial pressure (psia)
P2 : Final pressure (psia)
L : Length of line (miles)
T : Absolute temperature of following gas (°R)
Ts : Standart absolute temperature (°R)
Ps : Standart pressure

Diketahui:

- Tekanan fuel gas masuk dapur : 14.6959 psia
R : 10.371 psia.cuft/lbmol R
BM : 25.06 lb/lbmol
T : 610.39°R
Ts : 549.27°R
P1 : 15.2366 psia
P2 : 14.7 psia
Ps : 14.7psia
d : 4 inch
l : 6 m



PRAKTIK KERJA LAPANG
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
MINYAK DAN GAS BUMI (PPSDM) CEPU



Menghitung Specific gravity

$$\rho_{\text{fuel gas}} = (P \times BM) / (R \times T)$$

$$= \frac{(14,6959 \text{ psia} \times 25,06 \frac{\text{lb}}{\text{lbmol}})}{(10,371 \text{ psia} \cdot \text{cuft/lbmol}^\circ\text{R} \times 610,39^\circ\text{R})}$$

$$= 0,058 \text{ lb/cuft}$$

$$SG_{\text{fuel gas}} = \frac{\rho_{\text{fuel gas}}}{\rho_{\text{udara}}}$$

$$= \frac{0,058 \frac{\text{lb}}{\text{cuft}}}{0,075 \frac{\text{lb}}{\text{cuft}}}$$

$$= 0,777$$

Maka,

$$W_s = 44,35 \times \frac{T_s}{P_s} \times d^{2,667} \times \sqrt{\frac{P_1^2 - P_2^2}{L \times Sg \times T}}$$

$$= 44,35 \times \frac{549,27^\circ\text{R}}{P_s 14,7 \text{ psia}} \times 4^{2,667} \times \sqrt{\frac{15,2366^2 - 14,7^2}{6\text{m} \times 0,777 \times 610,39^\circ\text{R}}}$$

$$= 50213,767 \text{ SCF/hari}$$

$$= 146,049 \text{ lb/jam}$$

B. Menghitung Nilai Bakar Fuel Oil

$$SG_{60/60 \text{ fuel oil}} = 0,8845$$

$$^\circ\text{API} = 28,48$$

$$\text{Temperatur fuel oil masuk} = \left(49,44 \times \frac{9}{5}\right) + 32$$

$$= 120,992^\circ\text{F}$$

$$\text{Temperatur basis} = 60^\circ\text{F}$$

Mencari kandungan hydrogen dalam fuel oil dengan asumsi fuel oil tidak mengandung sulfur

$$H = 26 - 15s$$



PRAKTIK KERJA LAPANG
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
MINYAK DAN GAS BUMI (PPSDM) CEPU



(Perry, 2008: Table 24.9)

Keterangan:

H = Kandungan hydrogen (%wt)

S = Specific gravity 60/60

$$\begin{aligned}\%wt \text{ Hidrogen} &= 26 - 15(0.8845) \\ &= 12,73\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\%Carbon &= 100 - \%wt \text{ Hidrogen} \\ &= 100 - 12,73\% \\ &= 87,27\%\end{aligned}$$

Berdasarkan table 5-1 (Nelson), Mid boiling point fuel oil 331,12°C atau 628,12°F koreksinya 65,4646°F (interpolasi table 5-1)

$$\begin{aligned}\text{Average boiling point fuel oil} &= 628,12^\circ\text{F} - 65,4686^\circ\text{F} \\ &= 570,8674^\circ\text{F}\end{aligned}$$

Didapatkan harga K = 11,625 (Figure 5-23 Nelson)

Gross Heating Value = 19250 Btu/lb (Figure 5-22 Nelson)

C. Menghitung Lower Heating Value (LHV) Fuel Oil

$$Q_L = Q_H - 92.7H$$

(Perry, 2008)

Keterangan:

Q_L : LHV (Btu/lb)

Q_H : GHV (Btu/lb)

H : Kandungan hydrogen (%wt)

$$\begin{aligned}Q_L &= 19250 - 92,7(12,73\%) \\ &= 18069,70 \text{ Btu/lb}\end{aligned}$$

D. Menghitung Panas Pembakaran Fuel Oil (Q₁)

SG 60/60 Fuel oil = 0,8845

°API = 28,48



PRAKTIK KERJA LAPANG
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
MINYAK DAN GAS BUMI (PPSDM) CEPU



$$\begin{aligned}\rho_{\text{fuel oil}} &= SG \frac{60}{60} \text{ fuel oil} \times \rho_{\text{air}} \\ &= 0,8845 \times 1000 \text{ kg/m}^3 \\ &= 884,5 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan fuel oil} &= \text{mass flow fuel oil} \times \rho_{\text{fuel oil}} \times 2,205 \text{ lb/kg} \\ &= 0,428 \text{ m}^3/\text{jam} \times 884,5 \text{ kg/m}^3 \times 2,205 \text{ lb/kg} \\ &= 834,15 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

Maka kebutuhan udara pembakarannya fuel oil sebenarnya:

$$\begin{aligned}Q_1 &= \text{Kebutuhan fuel oil} \times \text{LHV fuel oil} \\ &= 834,15 \text{ lb/jam} \times 18069,70 \text{ Btu/lb} \\ &= 15072921,977 \text{ Btu/jam}\end{aligned}$$

E. Menghitung Panas Sensible Fuel Oil (Q2)

$$\text{Temperatur fuel oil} = 120,992^\circ\text{F}$$

Berdasarkan figure 5-1, Nelson

$$\text{Pada temperatur } 120,992^\circ\text{F } C_p \text{ fuel oil} = 0,46 \text{ Btu/lb}^\circ\text{F}$$

$$\text{Pada temperature } 77^\circ\text{F } C_p \text{ fuel oil} = 0,45 \text{ Btu/lb}^\circ\text{F}$$

$$\text{Maka } C_p \text{ rata – rata} = \frac{0,46 + 0,45}{2} = 0,455 \text{ Btu/lb}^\circ\text{F}$$

Panas sensible fuel oil (Q2)

$$\begin{aligned}Q_2 &= \text{Kebutuhan fuel oil} \times C_p \text{ fuel oil} \times (T_2 - T_1) \\ &= 834,15 \text{ lb/jam} \times 0,455 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}}^\circ\text{F} \times (120,992^\circ\text{F} - 77^\circ\text{F}) \\ &= 16696,740 \text{ Btu/jam}\end{aligned}$$

F. Panas yang Dibawa Umpan (Q3)

$$SG \text{ 60/60 Crude oil} = 0,8444$$

$$^\circ\text{API} = 36,07$$

$$\text{Temperatur umpan masuk} = \left(136,82 \times \frac{9}{5}\right) + 32$$



PRAKTIK KERJA LAPANG
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
MINYAK DAN GAS BUMI (PPSDM) CEPU



$$= 278,276^{\circ}\text{F}$$

$$\text{Flow rate} = 11,093 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{P air pada } 60^{\circ}\text{F} = 995,13 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Massa umpan} &= \text{flow rate} \times \rho \text{ air} \times \text{SG} \times 2,205 \text{ lb/kg} \\ &= 11,093 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &\quad \times 995,13 \text{ kg/m}^3 \times 0,8444 \times 2,205 \text{ lb/kg} \\ &= 20553,084 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

Dari figure 5-1 Nelson didapatkan:

$$\text{Cp crude oil pada suhu } 60^{\circ}\text{F} = 0,45 \text{ Btu/lb}^{\circ}\text{F}$$

$$\text{Cp crude oil pada suhu } 278,276^{\circ}\text{F} = 0,58 \text{ Btu/lb}^{\circ}\text{F}$$

$$\text{Faktor koreksi} = 0,98$$

$$\text{Maka Cp rata - rata} = \frac{0,45 + 0,58}{2} = 0,5047 \text{ Btu/lb}^{\circ}\text{F}$$

$$\begin{aligned}\text{Q3} &= m \times \text{Cp} \times \Delta T \\ &= 20553,084 \frac{\text{lb}}{\text{jam}} \times 0,5047 \text{ Btu/lb}^{\circ}\text{F} \times (278,276 - 60)^{\circ}\text{F} \\ &= 2264207.842 \text{ Btu/jam}\end{aligned}$$

G. Panas Pembakaran Fuel Gas (Q4)

$$\text{Temperature fuel gas masuk} = 549,27^{\circ}\text{R}$$

$$\text{Tekanan fuel gas masuk} = 1,029 \text{ atm}$$

$$\text{Kebutuhan fuel gas} = 50213,767 \text{ SCF/hari}$$

Kebutuhan fuel gas pada tekanan $0,03 \text{ kg/m}^3$ dan temperature 31.88°C adalah:

$$\text{Vo} = 50213,767 \text{ SCF/hari}$$

$$\text{Po} = 1 \text{ atm}$$

$$\text{To} = 491,67^{\circ}\text{R}$$

$$\text{P1} = 1,029 \text{ atm}$$

$$\text{T1} = 549,27^{\circ}\text{R}$$



PRAKTIK KERJA LAPANG
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
MINYAK DAN GAS BUMI (PPSDM) CEPU



$$V_1 = \frac{P_o \times V_o \times T_1}{T_o \times P_1}$$

$$V_1 = \frac{1 \text{ atm} \times 50213,767 \frac{\text{SCF}}{\text{hari}} \times 549.27^\circ R}{491.67^\circ R \times 1.029 \text{ atm}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$$

$$V_1 = 2271,48 \frac{\text{cuft}}{\text{jam}}$$

Jadi, panas pembakaran fuel gas (Q4)

Q4 = kebutuhan fuel gas (V1) × LHV fuel gas

$$= 2271,48 \frac{\text{cuft}}{\text{jam}} \times 18069,70 \text{ Btu/jam}$$

$$= 41044902,498 \text{ Btu/jam}$$

H. Panas Sensible Fuel Gas (Q5)

Temperatur fuel gas masuk dapur = 89,38°F

Temperatur basis = 32°F

ΔT = 57,38°F

Ws dalam berat = 146,049 lb/jam

Tabel IX. 2 Perhitungan Panas Masuk Furnace

Komponen	A	B	C	D	E	F
	BM	%mol	mol fraksi	D=A×C (lb/lbmol)	LHV (Btu/cuft)	F=C×E (Btu/lb)
C3H8	44	49	0.49	21.56	2371	1161.79
C4H10	58	49	0.49	28.42	2977	1458.73
C5H12	72	2	0.02	1.44	3479	69.58
Total		100	1	51.42	8827	2690.1

Maka panas sensible fuel gas (Q5) = 2690,1 Btu/jam

I. Panas Automizing Steam (Q6)

Steam merupakan steam keluaran dari boiler



PRAKTIK KERJA LAPANG
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
MINYAK DAN GAS BUMI (PPSDM) CEPU



Tekanan fuel oil masuk = 10,52 atm

Untuk inside burners memiliki range tekanan antara 40-60 psig

Kebutuhan steam antara 0,2 lb/lbFO-0,5 lb/lbFO (Nelson, 2006)

Asumsi kebutuhan steam = 0,5 lb/lbFO

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan steam (M steam)} &= 0,4 \times 834,15 \frac{\text{lb}}{\text{jam}} \\ &= 417,075 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

Berdasarkan table 7 didapatkan nilai entalpi saturate steam (Kern, 2010)

Entalpi steam pada 32°F = 1075.8 Btu/lb

Entalpi steam pada 60°F = 1088 Btu/lb

$$\text{Entalpi rata - rata} = \frac{1075,8 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}} + 1088 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}}}{2} = 1081,9 \text{ Btu/lb}$$

$$Q_6 = M_{\text{steam}} \times \text{Entalpi rata - rata}$$

$$\begin{aligned}&= 417,075 \frac{\text{lb}}{\text{jam}} \times 1081,9 \text{ Btu/lb} \\ &= 451233,4425 \text{ Btu/jam}\end{aligned}$$

J. Panas Udara Pembakaran (Q7)

Tekanan udara = 4,5 kg/cm²

Temperatur udara masuk = 35°C

Mencari kebutuhan udara pembakaran

Komposisi minyak bakar fuel oil (H₂) = 12,73%

Komposisi karbon = 87,27%

Artinya untuk setiap 1 kg fuel oil mengandung:

H₂ = 0,127 kg

C = 0,873 kg

Menghitung udara teoritis (W_a) dalam (kg/kg bahan bakar)

$$W_a = 11,59C + 34,78 \left(H_2 - \left(\frac{O_2}{8} \right) \right) + 4,3SG$$



PRAKTIK KERJA LAPANG
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
MINYAK DAN GAS BUMI (PPSDM) CEPU



$$= 11,59(0,873) + 34,78 \left(0,127 - \left(\frac{0}{8} \right) \right) + 4,3(0,8845)$$

$$= 18,390 \text{ kg/kg bahan bakar}$$

Menghitung excess air:

Tabel IX. 3 Data Komposisi Fuel Gas (Data Lab Penguji Produksi Migas)

Komponen	%Volume
CO ₂	11.57
O ₂	5.6
CO	0
N ₂	82.83

(Perry, 9-14)

Pehitungan excess air:

$$\begin{aligned} X &= \frac{O_2}{0.266 N_2 - O_2} \times 100\% \\ &= \frac{5.6\%}{0.266 (82,83\%) - 5,6\%} \times 100\% \\ &= 34,08\% \end{aligned}$$

Menghitung kebutuhan udara pembakaran fuel oil sebenarnya

$$\begin{aligned} WA &= \left(1 + \frac{X}{100} \right) \times Wa \\ &= \left(1 + \frac{34.08}{100} \right) \times 18,390 \text{ kg/kg bahan bakar} \\ &= 24,66 \text{ kg/kg bahan bakar} \end{aligned}$$

Penggunaan fuel oil = jumlah umpan fuel oil $\times$ SG fuel oil $\times$ ρ air

$$\begin{aligned} &= 0,428 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,8845 \times 1000 \text{ kg/m}^3 \\ &= 378,301 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Maka kebutuhan udara pembakaran fuel oil sebenarnya:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan udara pembakaran} &= WA \times \text{penggunaan fuel oil} \\ &= 24,66 \text{ kg/kg bahan bakar} \times 378,301 \text{ kg/jam} \\ &= 9327,8956 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Menghitung udara pembakaran fuel gas teoritis:



PRAKTIK KERJA LAPANG
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
MINYAK DAN GAS BUMI (PPSDM) CEPU



Tabel IX. 4 Data Kebutuhan Udara Teoritis

Komponen	Berat Komponen (lb)	Kebutuhan udara	udara pembakaran (lb)
CH ₄	78.657	17.27	1358.40639
C ₃ H ₆	6.64	16.12	107.0368
C ₃ H ₈	5.522	15.7	86.6954
I C ₄ H ₁₀	1.64	15.49	25.4036
n C ₄ H ₁₀	2.228	15.49	34.51172
I C ₅ H ₁₂	1.147	15.35	17.60645
n C ₅ H ₁₂	0.943	15.25	14.38075
C ₆ H ₁₄	3.81	15.27	58.1787
Total			1702.21981

(Tabel 12-4 Rehm Underbalance Drilling, 2012)

Kebutuhan udara pembakaran fuel gas sebenarnya:

$$= \sum \text{udara pembakaran} \times \text{excess udara}$$

$$= 1702,21981 \text{ lb} \times \left(1 + \left(\frac{34,08\%}{100}\right)\right)$$

$$= 1708,02 \frac{\text{lb}}{\text{jam}}$$

$$= 775,44 \text{ kg/jam}$$

Maka kebutuhan udara pembakaran seluruhnya adalah= kebutuhan udara pembakaran fuel oil + kebutuhan udara pembakaran fuel gas

$$= 9327,8956 \text{ kg/jam} + 775,44 \text{ kg/jam}$$

$$= 10103,337 \text{ kg/jam}$$

Jadi, panas udara pembakaran (Q₇)

$$Q_7 = \text{kebutuhan udara pembakaran seluruhnya} \times C_p \text{ udara} \\ \times (T \text{ aktual} - T \text{ basis})$$



$$\begin{aligned} &= 10103,337 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times \frac{0,2402 \text{ kkal}}{\text{kg}} ^\circ\text{C} \times (32^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) \times \frac{3,968 \text{ Btu}}{\text{kkal}} \\ &= 308148,0963 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

K. Panas Sensibel Air karena Kelembapan Udara (Q8)

$$\begin{aligned} Q8 &= (WA \times Ma) \times C_p \text{ air} \times (T \text{ aktual} - T \text{ basis}) \\ &= \left(1708,02 \frac{\text{lb}}{\text{jam}} \times 0,027 \right) \\ &\quad \times 1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} \times (32 - 0)^\circ\text{C} \times 3,968 \text{ Btu/kkal} \\ &= 5855,697 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

IX.7.3.2 Perhitungan Panas yang Termanfaatkan

A. Perhitungan Crude Oil yang Teruapkan

Tabel IX. 5 Analisa Distilasi Crude Oil, ASTM-86 (Data Lab Pengujian
Produksi PPSDM Migas) tanggal 19 September 2024

No	% Distilasi	T (°C)	T (°F)
1	IBP	65	149
2	10	108	226.4
3	20	130	266
4	30	155	311
5	40	188	370.4
6	50	221	429.8
7	60	257	494.6

B. Perhitungan T EFV

Untuk menghitung T EFV diperlukan figure 12.8 dan 12.9 dari Literatur Wayne C. Admister “Applied Hydrocarbon Thermodynamic” figure 1 digunakan untuk mencari EFV pada 50% komponen yang diperlukan.



PRAKTIK KERJA LAPANG
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
MINYAK DAN GAS BUMI (PPSDM) CEPU



Untuk mencari TEFV 50% adalah ASTM 30% - ASTM 10% dan T
ASTM 50%

Figure 12.8: Mencari TEFV 50%

$$\begin{aligned}\Delta \text{ASTM} &= T \text{ ASTM } 30\% - T \text{ ASTM } 10\% \\ &= 311^{\circ}\text{F} - 226,4^{\circ}\text{F} \\ &= 84,6^{\circ}\text{F}\end{aligned}$$

Berdasarkan figure 12.8 diperoleh ΔT sebesar -10°F

Maka,

$$\begin{aligned}T \text{ EFV } 50\% &= T \text{ ASTM } + \Delta T \\ &= 429,8^{\circ}\text{F} + (-10^{\circ}\text{F}) \\ &= 419,8^{\circ}\text{F}\end{aligned}$$

Figure 12.9 untuk mencari beda temperature pada masing-masing %
distilasi untuk menentukan TEFV

Tabel IX. 6 Konversi T ASTM menjadi TEFV

% Distilasi	Rata-rata Crude Oil				
	Suhu ASTM		% Volume	Suhu EFV	
	T (F)	ΔT		ΔT	T(F)
IBP	149			49.8	
		77.4	0-10		67
10	226.4			116.8	
		39.6	10-30		63
20	266			179.8	
		45	10-30		70
30	311			249.8	
		59.4	30-50		85
40	370.4			334.8	
		59.4	30-50		85
50	429.8			419.8	

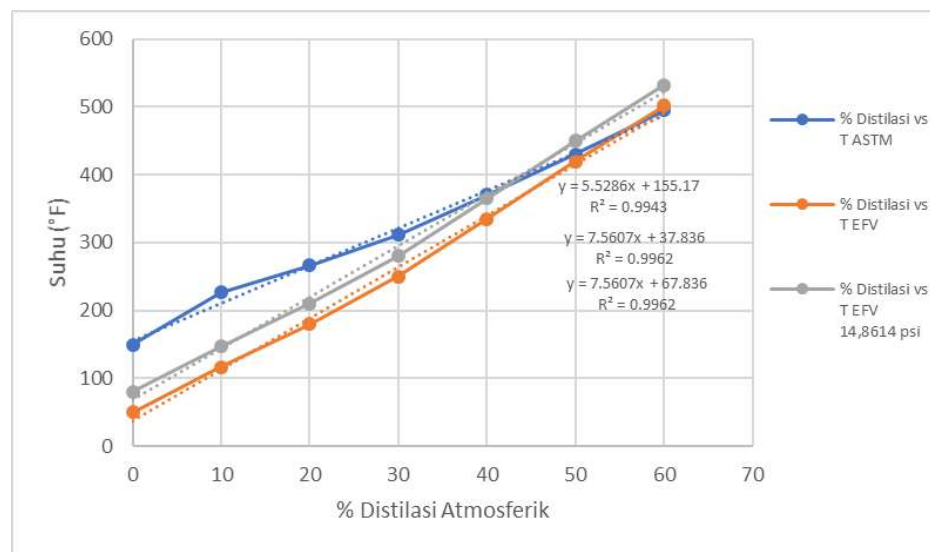


PRAKTIK KERJA LAPANG
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
MINYAK DAN GAS BUMI (PPSDM) CEPU



		64.8	50-70		82
60	494.6			501.8	

Hasil perhitungan pada table di atas dibuat dalam bentuk grafik antara %distilasi dengan T EFV sebagai berikut, juga ditampilkan antara hubungan % distilasi dengan T ASTM, %distilasi dengan T EFV pada tekanan 14,7 psi dan %distilasi dengan T EFV pada tekanan operasi 14,8614 psi.



Gambar IX. 9 Grafik %Distilasi Atmosferik vs Suhu

Perpotongan antara kurva T ASTM dan T EFV merupakan titik campuran yaitu pada suhu 450°F yang akan digunakan untuk menentukan titik didih crude oil pada keadaan standar (dapat dicari dengan bantuan fig. 55.27 Nelson) dari fig 5.27 Nelson pada P=14,7 psi dan T=450°F. Setelah diperoleh titik didih standar kemudian dicari titik didih pada kondisi operasi furnace, yaitu:

$$\begin{aligned} P \text{ crude oil keluar furnace} &= 0,1614 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,1614 \text{ kg/cm}^2 + 14,7 \text{ psi} \\ &= 14,8614 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$T \text{ crude oil keluar furnace} = 331,2^\circ\text{C} = 628,016^\circ\text{F}$$



Dengan menggunakan fig. 5-27 pada suhu boilig yang sama dicari T EFV pada P = 14,8614 psi dan diperoleh T = 380°F. Selisih suhu boiling pada keadaan standard an actual yaitu 70°F. Sehingga dapat dibuat grafik distilasi EFV pada kondisi pada kondisi actual yang sejajar dengan grafik distilasi EFV pada kondisi standard. Dari grafik tersebut pada suhu keluar furnace = 628,016°F diperoleh crude oil yang teruapkan sebesar 74,0910%.

IX.7.3.3 Perhitungan Masing-masing Panas yang Termanfaatkan

A. Panas yang terbawa crude oil dalam fase cair

$$Qa = m \times L$$

Keterangan:

m = massa crude oil fase cair

L = heat content crude oil fase cair

Massa yang teruapkan = 74,0910%

Sehingga massa cairnya = 25,91%

$$m = 25,91\% \times 11,093 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$m = 287,403 \frac{\text{gal}}{\text{jam}}$$

$$L = 611,4 \text{ Btu/gal}$$

$$Qa = 287,403 \frac{\text{gal}}{\text{jam}} \times 611,4 \frac{\text{Btu}}{\text{gal}} = 175717,921 \text{ Btu/jam}$$

B. Panas yang terbawa crude oil dalam fase uap

$$Qb = m \times H$$

Keterangan:

m = massa crude oil fase uap

H = heat content crude oil fase uap

Massa yang teruapkan:

$$m = 74,09\% \times 11,093 \text{ m}^3/\text{jam}$$



PRAKTIK KERJA LAPANG
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
MINYAK DAN GAS BUMI (PPSDM) CEPU



$$m = 821,875 \text{ gal/jam}$$

$$H = 1378,68 \text{ Btu/gal}$$

$$Qb = 821,875 \frac{\text{gal}}{\text{jam}} \times \frac{1378,68 \text{ Btu}}{\text{gal}} = 1133103,106 \text{ Btu/jam}$$

IX.7.3.4 Perhitungan Panas yang Hilang

A. Panas yang terbawa oleh asap kering (Q_1')

a) Perhitungan C_p gas asap

Tabel IX. 7 Data C_p Gas Asap

Komponen	A	B	C	D	E	F
	BM	%	(A*B)/100	Fraksi berat	C_p	D*E
	kg/kgmol	Mol	kg/kgmol	$D=C/\sum C$	kkal/kg	
CO ₂	44	11.57	5.0908	0.16926903	0.2015	0.03411
N ₂	28	82.83	23.1924	0.77114699	0.2483	0.19148
O ₂	32	5.6	1.792	0.05958398	0.2919	0.01739
$\sum$		100	30.0752	1		0.24298

$$\sum F = 0,24298 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C}$$

$$\text{Panas pembakaran fuel gas} = 41044902,498 \text{ Btu/jam}$$

$$\text{LHV fuel oil} = 18069,70 \text{ Btu/lb}$$

b) Perhitungan berat gas asap per kg bahan bakar

Jika bahan bakar fuel gas diganti fuel oil, maka

$$= \frac{41044902,498 \text{ btu/jam}}{18069,70 \text{ btu/lb}} = 2271,477 \text{ lb/jam}$$

c) Penggunaan bahan bakar fuel oil seluruhnya

$$= 2271,477 \frac{\text{lb}}{\text{jam}} + 834,15 \frac{\text{lb}}{\text{jam}}$$

$$= 3105,63 \frac{\text{lb}}{\text{jam}}$$

$$= 1397,534 \text{ kg/jam}$$



PRAKTIK KERJA LAPANG
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
MINYAK DAN GAS BUMI (PPSDM) CEPU



d) Berat bahan bakar

$$W_{FG} = \frac{11}{3}C + 9H_2 + 2S + 0,77Wa + (0,00023 \times X \times WA)$$

Diketahui:

$$\%wt C = 87,2675\% = 0,8727 \text{ kg}$$

$$\%wt H_2 = 12,7325 = 0,1273 \text{ kg}$$

$$X = 34,08\%$$

$$Wa = 18,3902 \text{ kg/kg bahan bakar}$$

$$WA = 24,66 \text{ kg/kg bahan bakar}$$

$$\begin{aligned} W_{FG} &= \frac{11}{3}(0,8727 \text{ kg}) + 9(0,1273 \text{ kg}) + 2(0) \\ &\quad + 0,77(18,3902 \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \text{ bahan bakar} + (0,00023 \times 34,08\% \\ &\quad \times 24,66 \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \text{ bahan bakar}) \end{aligned}$$

$$W_{FG} = 14,791 \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \text{ bahan bakar}$$

e) Berat gas asap keseluruhan

$$= W_{FG} \times \text{penggunaan fuel oil seluruhnya}$$

$$= 14,791 \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \text{ bahan bakar} \times 1397,534 \text{ kg/jam}$$

$$= 20670,2955 \text{ kg/jam}$$

f) Panas yang terbawa asap kering (Q1')

$$\begin{aligned} Q1' &= \text{Berat gas asap seluruhnya} \times C_{FG} \times \Delta T \\ &= 20670,2955 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times \frac{0,238 \text{ kkal}}{\text{kg}} ^\circ\text{C} \times (32 - 0)^\circ\text{C} \\ &\quad \times 3,97 \text{ Btu/jam} \\ &= 624977,1334 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

B. Panas terbawa oleh asap uap air dalam gas asap karena adanya H₂ dalam bahan bakar (Q2')



PRAKTIK KERJA LAPANG
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
MINYAK DAN GAS BUMI (PPSDM) CEPU



$$Q2' = 9H_2 \times H_{sup} \times \text{penggunaan bahan bakar fuel oil}$$

Keterangan:

$H_{sup} = 2875,3 \text{ Kj/kg} = 687,2140 \text{ kkal/kg}$ (Tabel A.2-10 Geankoplis, 2003)

$H_2 = \%wt H_2 = 0,1273$

$$\begin{aligned} Q2' &= 9(0,1273) \times 687,2140 \text{ kkal/kg} \times 3,968 \text{ Btu/kkal} \\ &= 4366990,927 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

- C. Panas yang terbawa oleh uap air dalam gas asap karena kandungan air (H_2O) dalam udara bahan bakar ($Q3'$)

$$Q3' = W \times H_{sup} \times \text{penggunaan bahan bakar fuel oil}$$

Keterangan:

W = kandungan air dalam bahan bakar = 0,1 (Data Analisa PPSDM Migas)

$H_{sup} = 687,2140 \text{ kkal/kg}$

$$\begin{aligned} Q3' &= 0,1 \times 687,2140 \text{ kkal/kg} \times 1397,534 \text{ kg/jam} \times 3,968 \text{ Btu/kkal} \\ &= 381088,7211 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

- D. Panas yang terbawa oleh uap air dalam gas karena adanya kelembaban udara dalam bahan bakar ($Q4'$)

$$Q4' = WA \times Ma \times H_{sup} \times \text{penggunaan bahan bakar fuel oil}$$

Keterangan:

$WA = 24,66 \text{ kg/kg}$ bahan bakar

$Ma = 0,027$ (Humidity chart)

$H_{sup} = 687,2140 \text{ kkal/kg}$

$$\begin{aligned} Q4' &= 24,66 \times 0,027 \times 687,2140 \text{ kkal/kg} \times 3,968 \text{ Btu/kkal} \\ &= 2537088,138 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

- E. Panas yang hilang melalui dinding furnace ($Q5'$)



PRAKTIK KERJA LAPANG
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
MINYAK DAN GAS BUMI (PPSDM) CEPU



- a. Temperatur luar dinding (T2) = 79,025°C = 63,22 °R
- b. Temperatur ingkungan sekitar furnace (T1) = 35°C = 28 °R
- c. Luas permukaan radiasi (A) = 2050ft²
- d. Emissivity of external wall surface the furnace = 0,8 (Tabel 5-6 Perry)
- e. Asumsi kecepatan angin (V) = 5km/jam = 4,5565 ft/s
- f. Mencari nilai h

$$\begin{aligned}
 h &= (17,4 \times 10^{-10} \times \epsilon \times (T_2^4 - T_1^4) + (1 + 0,225V) \times (T_2 - T_1) \\
 &= (17,4 \times 10^{-10} \times 0,8 \times (63,22^4 - 28^4) + (1 + 0,225(4,5565)) \\
 &\quad \times (63,22 - 28) \\
 &= 76,1638 \frac{Btu}{jam} \cdot ft^2
 \end{aligned}$$

- g. Mencari nilai hi

$$\begin{aligned}
 h_i &= \frac{h}{T_2 - T_1} \\
 &= \frac{76,1638}{(63,22 - 28)} = 2,1625 \text{ Btu/jam} \cdot ft^2 \cdot ^\circ R \\
 Q_{5'} &= h_i \times A \times (T_2 - T_1) \\
 &= 2,1625 \times 2050 \times (63,22 - 28) \\
 &= 156135,713 \text{ Btu/jam}
 \end{aligned}$$

IX.7.3.5 Perhitungan Efisiensi

$$\begin{aligned}
 \text{Panas Masuk} &= Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 \\
 &= 47028150,124 \frac{Btu}{jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panas Keluar} &= Q_a + Q_b + Q_{1'} + Q_{2'} + Q_{3'} + Q_{4'} + Q_{5'} \\
 &= 9795101,6957 \frac{Btu}{jam}
 \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi furnace} = \frac{\text{total panas masuk} - \text{total panas keluar}}{\text{total panas masuk}} \times 100\%$$



PRAKTIK KERJA LAPANG
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
MINYAK DAN GAS BUMI (PPSDM) CEPU



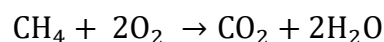
$$\begin{aligned}\text{Efisiensi furnace} &= \frac{47028150,124 \frac{\text{Btu}}{\text{jam}} - 9795101,6957 \frac{\text{Btu}}{\text{jam}}}{47028150,124 \frac{\text{Btu}}{\text{jam}}} \times 100\% \\ &= 79,1718\%\end{aligned}$$



IX.7.4 Pembahasan

Furnace merupakan alat yang digunakan untuk memanaskan minyak mentah (*crude oil*) dari suhu $\pm 130^{\circ}\text{C}$ menjadi $\pm 330^{\circ}\text{C}$ dimana pada temperature tersebut sebagian besar fraksi-fraksi yang dikandung *crude oil* pada tekanan sedikit di atas 1 atm telah berupa uap kecuali residu. Bahan bakar yang digunakan terdiri dari fuel oil, fuel gas, dan steam. Tujuan adanya pemanasan pada furnace ini untuk menyesuaikan suhu dengan kondisi operasi yang diinginkan untuk proses pengolahan selanjutnya. Adapun sistem perpindahan panas yang terjadi di furnace yaitu perpindahan panas secara konduksi, konveksi, dan radiasi. Perpindahan panas secara konduksi terjadi karena adanya panas yang ditransfer oleh dinding luar tube furnace ke dinding bagian dalam tube tersebut. Perpindahan secara konveksi terjadi karena adanya perpindahan panas dari dinding bagian dalam ke *crude oil* yang terdapat di dalam tube furnace. Terakhir, perpindahan panas secara radiasi terjadi karena adanya energi panas yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar yang kemudian diterima secara langsung oleh dinding luar tube furnace tanpa adanya media pengantar.

Indikasi kelayakan suatu furnace untuk dioperasikan dapat dihitung dengan mengetahui nilai efisiensi furnace tersebut. Operasi furnace dapat dikatakan efisien apabila sistem penyalaan api di burner sempurna yang dimana tidak melebihi suhu maksimum yakni 330°C , reaksi pembakaran berlangsung sempurna yakni :



Panas pembakaran dari fuel oil dan fuel gas dapat tersalurkan dengan baik ke cairan yang dipanaskan, permukaan tube bersih, serta dapat memperkecil panas yang hilang baik melalui cerobong maupun dinding furnace.

Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi furnace-03 di Kilang PPSDM Migas Cepu yang telah diperoleh sebesar 79%. Dimana, menurut W. Trinks (2000) menyatakan bahwa efisiensi furnace yang masih layak untuk dioperasikan sebesar 60%-90%. Hal ini menunjukkan pada furnace-03 di Kilang PPSDM Migas Cepu masih layak untuk dioperasikan. Adapun penurunan efisiensi pada furnace



**PRAKTIK KERJA LAPANG
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
MINYAK DAN GAS BUMI (PPSDM) CEPU**



disebabkan oleh usia alat yang sudah tua dan *excess air* cukup besar sehingga adanya kebocoran pada alat baik melalui dinding maupun melalui cerobong.